

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 721**

51 Int. Cl.:

H04W 52/02 (2009.01)

H04W 74/06 (2009.01)

H04W 84/18 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.06.2007 PCT/EP2007/005048**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.12.2008 WO08148410**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2007 E 07725894 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 2165468**

54 Título: **Procedimiento para gestionar la transferencia de paquetes de información a través de una red inalámbrica y nodos de enrutamiento que lo implementan**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.05.2020

73 Titular/es:

TELECOM ITALIA S.P.A. (50.0%)
Via Gaetano Negri, 1
20123 Milano, IT y
PIRELLI & C. S.P.A. (50.0%)

72 Inventor/es:

BOREAN, CLAUDIO;
GIANNANTONIO, ROBERTA y
COLERI, ERGEN, SINEM

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 758 721 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para gestionar la transferencia de paquetes de información a través de una red inalámbrica y nodos de enrutamiento que lo implementan

5

CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento para gestionar la transferencia de paquetes de información a través de una red inalámbrica y nodos de enrutamiento que lo implementan.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] Las redes WPAN [Red de área personal inalámbrica] se conocen desde hace algunos años; una red PAN [Red de área personal] se puede definir como una red informática para comunicarse entre dispositivos cercanos a una persona; Una red WPAN es una red PAN que utiliza tecnologías de comunicación inalámbrica de corto alcance.

15

[0003] Una tecnología de comunicación que se usa muy a menudo para implementar una red WPAN es ZigBee.

[0004] Una de las aplicaciones principales y recientes de las redes WPAN son las redes WSN [Wireless Sensor Network].

20

[0005] En una WPAN, los componentes clave son los nodos de la red, también llamados dispositivos; Básicamente, hay dos tipos de dispositivos: FFD [Dispositivo de función completa] y RFD [Dispositivo de función reducida]; por lo general, una red WPAN requiere que al menos un dispositivo FFD actúe como coordinador de WPAN; Los dispositivos FFD tienen la tarea de comunicarse con los dispositivos RFD y enrutar la comunicación a través de la red; a menudo, los dispositivos FFD funcionan con alimentación de red mientras que los RFD funcionan con batería.

25

[0006] Dependiendo de la aplicación, una red WPAN puede operar en distintas topologías: la topología en estrella, la topología de árbol de clúster y la topología de malla; Las redes WSN suelen usar la topología de malla; La presente invención es particularmente útil en este caso.

30

[0007] En una red ZigBee tradicional, hay tres tipos de nodos, a saber, un dispositivo final ZigBee (que a menudo es un dispositivo RFD) y un coordinador ZigBee (que es un dispositivo FFD) y un enrutador ZigBee (que es un dispositivo FFD).

35

[0008] En una red WSN tradicional basada en la tecnología ZigBee, los dispositivos finales (también llamados «nodos de borde») funcionan con baterías y, por lo tanto, están diseñados para limitar el consumo de energía, mientras que los enrutadores y el coordinador (que también es un enrutador) se suministran a la red y por lo tanto no tiene problemas con el consumo de energía.

40

[0009] El componente de un nodo de una red WPAN que es el principal responsable del consumo de energía es el transceptor de radio; por lo tanto, la forma típica de reducir el consumo de energía es usar el «ciclo de trabajo», es decir, dejar que el transceptor de radio de los dispositivos finales opere de manera intermitente durante períodos cortos de tiempo; por supuesto, esto complica los protocolos de comunicación utilizados en las redes WPAN.

45

[0010] De la técnica anterior, también hay redes WSN conocidas en las que todos los nodos funcionan con baterías y, por lo tanto, están diseñados para limitar el consumo de energía y en los que se utilizan protocolos MAC especiales para limitar el consumo de energía de los transceptores de radio. Por ejemplo, el artículo de M. Buetter et al., «X-MAC: A Short Preamble MAC Protocol for Duty-Cycled Wireless Sensor Networks», SenSys 2006, 1-3 November 2006, Boulder, Colorado, USA, describe en detalle uno de los protocolos MAC llamados «X-MAC» y se refiere a otros de dichos protocolos MAC, a saber, «S-MAC», «T-MAC», «B-MAC» y «WiseMAC».

50

[0011] El problema del consumo de energía en las redes inalámbricas ya se consideró en el pasado y se resolvió mediante soluciones específicas.

55

[0012] El documento US 2006/0039345 describe un procedimiento para optimizar el consumo de energía de una estación, como por ejemplo un ordenador portátil, ordenador de mano o un teléfono móvil, en una red, preferiblemente una WLAN según el estándar IEEE 802.11, donde una estación que envía sondeos de ahorro de energía a un punto de acceso se caracteriza, en relación con una gestión eficiente de la energía de la estación con un consumo de energía posiblemente bajo, porque el punto de acceso confirma la recepción de un sondeo de ahorro de energía mediante el envío de una trama de confirmación que incluye información que indica a la estación si una trama es almacenada para ello en el punto de acceso.

60

[0013] El documento US 2004/125776 describe un sistema de comunicación de datos inalámbrico entre pares que incluye una serie de terminales de datos móviles que operan en un área amplia y se organizan en uno más grupos

65

de pares que forman una red dinámica de malla de saltos múltiples. Cada terminal funciona en modo inactivo para ahorrar energía e incluye un transceptor para permitir el intercambio directo de mensajes inalámbricos que contienen información de enrutamiento, incluida una dirección de destino con cualquier otro terminal dentro del alcance, y un procesador programado para preparar mensajes salientes y extraer la información de enrutamiento contenida en los mensajes inalámbricos. Cuando la información de enrutamiento contiene un código de identificación del terminal receptor, o presenta un mensaje recibido para procesamiento local en el terminal receptor si el mensaje recibido se dirige al mismo o reenvía (transmite) el mensaje recibido a otro terminal según la información de enrutamiento extraída o calculando localmente una ruta al destino final.

10 **[0014]** De la patente US 7.035.240 se conoce un procedimiento y una arquitectura de red para implementar una red eficiente energéticamente. La red incluye una pluralidad de nodos que recopilan y transmiten datos que finalmente se enrutan a una estación base. Los nodos de la red forman un conjunto de grupos con un solo nodo que actúa como clúster principal. El clúster principal anuncia que los nodos se unirán a su clúster, programa la recopilación de datos dentro de un clúster y luego transmite los datos a la estación base. Un clúster puede combinar de manera
15 inteligente datos de nodos individuales. Después de un período de operación, los grupos se reforman con un conjunto distinto de nodos que actúan como clústeres principales. La red proporciona una mayor vida útil del sistema al equilibrar el uso de energía de los nodos individuales.

[0015] De la patente US 7.020.501 se conoce un sistema para conservar energía en una red de múltiples
20 nodos, en particular una red de sensores; la red incluye nodos configurados para organizarse en niveles; los nodos están configurados para producir un horario de transmisión/recepción en un primer nivel en la red y controlar el encendido y apagado de transmisores y receptores en nodos en un nivel adyacente al primer nivel según el horario de transmisión/recepción. Se proporcionan varios puntos de supervisión conectados a una red externa en comunicación con la red de sensores.

25 **[0016]** La interoperabilidad entre distintos estándares de comunicación o entre distintas versiones del mismo estándar es en general un gran problema bien conocido y en el pasado se ha abordado y resuelto de muchas maneras distintas según el caso particular. El problema de compatibilidad puede estar en cualquiera de los distintos niveles de la pila ISO/OSI.

30 **[0017]** Una estrategia habitual para el problema anterior es proporcionar uno o más componentes de la red que admitan ambos estándares o ambas versiones y realizar una «traslación». A este respecto, se pueden citar las siguientes patentes y solicitudes de patentes de los Estados Unidos: 6657984, 2003139151, 2005180453, 20060056448.

35 **RESUMEN DE LA INVENCION**

[0018] El solicitante ha considerado que, especialmente en las redes WSN, sería ventajoso permitir que los dispositivos con bajo consumo de energía, habitualmente alimentados por batería, actúen solo o también como
40 enrutadores. Esto requeriría tener un nodo de enrutamiento que funcione de manera intermitente o, más precisamente, en el que su transceptor de radio funcione de manera intermitente, p. ej., con un ciclo de trabajo predeterminado.

[0019] De la consideración anterior, el solicitante dedujo la necesidad de tener un nodo de enrutamiento tradicional, que tenga un transceptor de radio con alimentación permanente y, por lo general, una operación
45 permanente, y un nodo de enrutamiento de operación intermitente que se comunique de manera efectiva y eficiente entre ellos.

[0020] La primera posibilidad considerada por el solicitante fue rediseñar adecuadamente los protocolos de comunicación para los dos tipos de nodos de enrutamiento.

50 **[0021]** De todos modos, el solicitante consideró esta posibilidad bastante desventajosa ya que el protocolo de comunicación para un nodo de enrutamiento tradicional (es decir, operación permanente) está estandarizado en gran medida y muchas redes WPAN (incluidas las redes WSN) ya están implementadas. Por lo tanto, el solicitante apuntó a una solución en la que se conserva el protocolo de comunicación de los nodos de enrutamiento de red heredados;
55 en otras palabras, donde la solución es compatible con versiones anteriores.

[0022] Las dos patentes de los Estados Unidos mencionadas anteriormente, es decir, los documentos US 7.020.501 y US 7.035.240, no abordan el problema de la compatibilidad con versiones anteriores.

60 **[0023]** En particular, el documento US 7.035.240 descuida completamente el problema de la compatibilidad con versiones anteriores, ya que todos los nodos de la red ejecutan el mismo algoritmo nuevo, y en el documento US 7.020.501 no se hace referencia a los nodos de enrutamiento dentro de la red de sensores.

[0024] Por lo tanto, el problema técnico general detrás de la presente invención es cómo permitir que los nodos
65 de enrutamiento de funcionamiento intermitente y los nodos de enrutamiento con alimentación permanente se

comuniquen dentro de una red WPAN.

[0025] Más en particular, la presente invención tiene como objetivo encontrar una solución para permitir que un nodo de enrutamiento que funcione de manera intermitente y un nodo de enrutamiento con alimentación permanente se comuniquen sin cambios sustanciales en el protocolo de comunicación utilizado por el nodo de enrutamiento con alimentación permanente.

[0026] Para resolver los problemas mencionados anteriormente, el solicitante ha concebido utilizar un procedimiento de sondeo para transferir paquetes de información entre los nodos de enrutamiento alimentados permanentemente y los nodos de enrutamiento que operan de manera intermitente.

[0027] En el caso de algunas redes WPAN (por ejemplo, una red ZigBee), los nodos finales intermitentemente utilizan un procedimiento de sondeo para comunicarse con nodos de enrutamiento alimentados permanentemente. Por consiguiente, la invención no requiere ningún cambio en el protocolo MAC para los nodos de enrutamiento con alimentación permanente y para los nodos finales conectados a ellos en estos tipos de redes WPAN, y esto conduce a una compatibilidad con versiones anteriores; sin embargo, se requieren algunos cambios a nivel de red.

[0028] Más precisamente, el procedimiento de sondeo se utiliza para recibir en un nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (enrutamiento y datos) paquetes de información de un nodo de enrutamiento alimentado permanentemente; específicamente, cuando un nodo de enrutamiento con alimentación permanente tiene que transmitir un paquete de información a un nodo de enrutamiento que funciona de forma intermitente, almacena dicho paquete de información en una memoria, espera hasta que dicho nodo de enrutamiento que funciona de forma intermitente pueda recibir paquetes de información y luego transmite dicho paquete de información a dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente.

[0029] Por el contrario, cuando dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente tiene que transmitir un paquete de información a dicho nodo de enrutamiento con alimentación permanente, puede transmitirlo de inmediato.

[0030] Según la presente invención, el nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente puede recibir/transmitir paquetes de información de/a nodos de enrutamiento que operan intermitentemente a través de un protocolo de comunicación de ciclo de trabajo que se implementará preferiblemente a nivel de red y no a nivel de MAC; esto aumenta la compatibilidad con versiones anteriores.

[0031] Según otro aspecto, la presente invención también se refiere a una característica de autocuración de la red WPAN que se proporciona gracias a los nodos de enrutamiento de funcionamiento intermitente de la red.

[0032] De hecho, un nodo de enrutamiento que funciona de manera intermitente puede adaptarse para detectar una pérdida en la conexión de radio con un nodo de enrutamiento con alimentación permanente y, en consecuencia, notificar a todos o un subconjunto de los nodos de la red para que pueda tener lugar un enrutamiento distinto de los paquetes de información.

[0033] La invención se define por el procedimiento y los aparatos de las reivindicaciones independientes.

45 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0034] La presente invención se hará más evidente a partir de la siguiente descripción que se considerará junto con el dibujo adjunto, donde:

50 la figura 1 muestra esquemáticamente una red WPAN, específicamente una red WSN basada en tecnología ZigBee, según la presente invención,
la figura 2 muestra esquemáticamente la pila de protocolos de los dos tipos de nodos, es decir, un nodo AOR y un nodo SR,
la figura 3 muestra esquemáticamente un diagrama de flujo relacionado con la inicialización de un nodo SR,
55 la figura 4 muestra esquemáticamente un diagrama de flujo relacionado con la comunicación indirecta entre un nodo SR y un nodo AOR,
la figura 5 muestra esquemáticamente un diagrama de flujo relacionado con la fase de sondeo realizada por un nodo SR,
la figura 6 muestra esquemáticamente un escenario de red WPAN de interoperabilidad distribuida general,
60 la figura 7 muestra esquemáticamente un diagrama de flujo relacionado con un procedimiento de autocuración según la presente invención, y
la figura 8 muestra esquemáticamente una aplicación de un procedimiento de autocuración según la presente invención a una red WPAN específica.

65 **[0035]** Deberá entenderse que la siguiente descripción y los dibujos anexos no deben interpretarse como

limitaciones de la presente invención sino simplemente como ejemplos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

- 5 **[0036]** La realización descrita de la presente invención corresponde a una WSN [Red inalámbrica de sensores]. Los nodos inalámbricos de la red se denominarán nodos AOR [Enrutador siempre activo], nodos SR [Enrutador inactivo] y nodos ED [Dispositivo final]; un nodo AOR es un nodo que tiene una instalación de enrutamiento y que comprende un transceptor de radio que funciona permanentemente (normalmente alimentado por la red eléctrica), un
- 10 de manera intermitente (generalmente alimentado por batería), un nodo ED es un nodo de borde que no tiene facilidad de enrutamiento y que comprende preferiblemente un transceptor de radio que está funcionando intermitentemente (generalmente alimentado por batería).
- [0037]** En la siguiente descripción, la expresión «paquetes de información» cubre tanto los paquetes de
- 15 información de datos como los paquetes de información de enrutamiento.
- [0038]** De aquí en adelante, se supone que el lector está familiarizado con ZigBee y su tecnología y protocolos de comunicación, ya que es cierto para los expertos en la materia.
- 20 **[0039]** En la figura 1, se muestra una red WPAN, específicamente una red WSN basada en tecnología ZigBee, según la presente invención, Esta red específica comprende una primera subred WSN SNW1 que comprende una primera pluralidad de nodos y una segunda subred WSN SNW2 que comprende una segunda pluralidad de nodos.
- [0040]** Los nodos inalámbricos de la red WSN de la figura 1 son de tres tipos distintos: Nodos AOR (círculos
- 25 negros), nodos SR (círculos cruzados) y nodos ED (círculos blancos); la subred SNW1 comprende solo nodos AOR y nodos ED mientras que la subred SNW2 comprende solo nodos SR y nodos ED. La subred SNW1 es una red troncal con alimentación de red WSN casi heredada y podría corresponder a una red ya implementada.
- [0041]** Según una terminología común, los nodos AOR son FFD [dispositivos funcionales completos] y
- 30 generalmente funcionan con alimentación de red, los nodos ED suelen ser RFD [dispositivos funcionales reducidos] y funcionan con batería, los nodos SR son FFD [dispositivos funcionales completos] y generalmente funcionan con baterías.
- [0042]** En la figura 1, las líneas con flechas representan el enlace de comunicación entre los nodos de la red;
- 35 Cabe señalar que todas las líneas tienen dos flechas, lo que significa una comunicación bidireccional.
- [0043]** Las dos subredes están conectadas y se comunican por medio de cuatro nodos de enrutamiento «puente» B1, B2, B3, B4: dos nodos AOR B1 y B3 y dos nodos SR B2 y B4; esto se explicará mejor a continuación, ya que corresponde a uno de los aspectos clave de la presente invención.
- 40 **[0044]** Deberá tenerse en cuenta que el consumo de energía se ve seriamente afectado por el transceptor de radio de un nodo, en particular por el período activo en la fase de recepción y de transmisión, ya que para muchos transceptores comerciales (por ejemplo, Texas Instruments CC2420/CC2430, Ember EM250, etc.) el consumo de energía es muy parecido. Por esta razón, cuando un nodo necesite mantener su transceptor de radio siempre activo,
- 45 deberá ser alimentado por la red eléctrica o por una batería muy potente (y voluminosa).
- [0045]** Cuando un nodo inalámbrico que tiene un transceptor de radio funciona con una batería (pequeña), una estrategia habitual para reducir el consumo de energía y maximizar la vida útil de la batería es el «ciclo de trabajo»; en otros términos, su transceptor está activo solo periódicamente por un corto período de tiempo.
- 50 **[0046]** Esta estrategia no crea ningún problema para la transmisión por el nodo; de hecho, la transmisión puede ocurrir periódicamente solo cuando el nodo se despierta. De todos modos, para permitir la recepción por parte del nodo (sin perder información) existe la necesidad de utilizar procedimientos específicos para gestionar la transferencia de paquetes de información con otros nodos.
- 55 **[0047]** En la figura 1, hay tres protocolos de comunicación distintos:
- el primer protocolo de comunicación es según la tecnología ZigBee utilizada dentro de la subred SNW1 para la comunicación entre cualquier nodo ED de la subred SNW1 y cualquier nodo AOR y para la comunicación entre
 - 60 nodos AOR;
 - el segundo protocolo de comunicación es un protocolo de comunicación de ciclo de trabajo utilizado dentro de la subred SNW2 para la comunicación entre nodos de operación intermitentes, específicamente entre cualquier nodo ED de la subred SNW2 y cualquier nodo SR y entre nodos SR;
 - el tercer protocolo de comunicación es utilizado por los cuatro nodos «puente» B1, B2, B3, B4 para comunicarse
 - 65 juntos, en particular para un nodo AOR (es decir, un nodo de enrutamiento de operación permanente) para

comunicarse con un nodo SR (nodo de enrutamiento de operación intermitente);

los protocolos de comunicación segundo y especialmente el tercero son aspectos de la presente invención.

5 **[0048]** La subred SNW1 puede encontrar múltiples accesos a la subred SNW2 por medio de sus nodos de enrutamiento, es decir, nodos SR; en la figura 1, solo dos pares de nodo SR + nodo AOR, es decir, B2+B1 y B4+B3, actúan como puerta de enlace, que es el mínimo según la presente invención; un mayor número de pares podría establecerse y utilizarse para la comunicación entre las dos subredes.

10 **[0049]** Los nodos en las dos subredes tienen una pila de protocolos distinta, porque el objetivo principal de la subred SNW1 (que es alimentada por la red) es minimizar la latencia (requisito habitual de, por ejemplo, una red de control), mientras que el objetivo principal de la subred SNW2 (que funciona con batería) es maximizar la vida útil de la batería (requisito habitual de, por ejemplo, una red de vigilancia para detectar datos). En la figura 2, se describe la pila de protocolos de los dos tipos de nodos (es decir, AOR y SR); los nodos comprenden las siguientes capas, según
15 una estrategia estándar ISO/OSI:

- capa PHY 201 y capa MAC 202: la capa PHY 201 puede implementarse en hardware (transceptor) y permitir que el nodo escanee la energía de la red y envíe paquetes por el aire; la capa MAC 202 controla y gestiona el acceso al canal que podría ser, p. je., CSMA/CA [Acceso múltiple de detección de portadora con prevención de colisión];
- 20 - capa STACK 203: representa la pila de red de los nodos: puede orientarse para garantizar la característica de baja potencia de la red (pila SR 203S) o la característica de baja latencia dentro de la red (pila AOR 203A);
- capa API 204: esta es la interfaz de la aplicación con las capas inferiores y permite ejecutar aplicaciones específicas en la parte superior de los nodos; el conjunto de API típicamente definido por esta capa incluye interfaces de envío/recepción de datos y mecanismo de direccionamiento de aplicaciones (uso de recursos de
25 aplicaciones); esta capa se puede representar mediante, p. ej., la subcapa de aplicación definida como «APS» en la tecnología ZigBee;
- capa APPLICATION 205: esta es la capa superior de la arquitectura del nodo y corresponde a la aplicación que realiza las funciones de control en la red; en un caso general, un solo nodo puede ejecutar múltiples aplicaciones que acceden a los recursos a través de la capa API; en una realización de ZigBee de la presente invención, la
30 aplicación puede cumplir con un perfil de aplicación ZigBee específico, como automatización de edificios, aplicación de sensores inalámbricos, domótica, etc.

[0050] Las capas mencionadas anteriormente son gestionadas por un bloque de gestión de capa cruzada 200 que controla el rendimiento del nodo.
35

[0051] Los nodos de borde ED en la subred SNW1 tienen una pila adecuada para la comunicación con un nodo AOR primario, mientras que los nodos de borde ED en la subred SNW2 tienen una pila adecuada para la comunicación con un nodo SR primario.

40 **[0052]** La comunicación entre un nodo AOR y un nodo SR hace uso de un procedimiento de sondeo; Esto se aplica tanto a los datos como a los paquetes de información de enrutamiento. En particular, cuando un nodo AOR tiene que transmitir un paquete de información a un nodo SR, almacena dicho paquete de información en una memoria, espera hasta que dicho nodo SR pueda recibir paquetes de información y luego transmite dicho paquete de información a dicho nodo SR, mientras que cuando dicho nodo SR tiene que transmitir un paquete de información a dicho nodo
45 AOR, transmite inmediatamente dicho paquete de información a dicho nodo AOR.

[0053] Para este fin, el nodo AOR comprende una memoria para almacenar paquetes de información que se enviarán al nodo SR y un módulo para esperar hasta que el nodo SR pueda recibir paquetes de información y para transmitir los paquetes de información al nodo SR.
50

[0054] El nodo SR comprende un módulo de sondeo que implementa un procedimiento de sondeo para recibir dichos paquetes de información desde el nodo AOR, un módulo de comunicación de ciclo de trabajo que implementa un protocolo para comunicarse con otros nodos SR o ED, y un módulo para monitorizar la conexión de radio con el nodo AOR y para determinar si dicha conexión de radio se pierde.
55

[0055] Los módulos mencionados anteriormente pueden implementarse como software, firmware o incluso módulos de hardware.

[0056] La comunicación entre nodos SR o entre un nodo SR y un nodo ED es un «protocolo de comunicación de baja potencia» y puede basarse en cualquiera de dos estrategias distintas: «sincronización» y «olfateo». Estas estrategias ya se han utilizado en protocolos MAC implementados en redes WSN en las que todos los nodos funcionan con baterías. El artículo de M. Buetter et al., «X-MAC: A Short Preamble MAC Protocol for Duty-Cycled Wireless Sensor Networks», SenSys 2006, 1-3 November 2006, Boulder, Colorado, USA, describe en detalle uno de los protocolos MAC llamados «X-MAC» y se refiere a otros de dichos protocolos MAC, a saber, «S-MAC», «T-MAC», «B-
65 MAC» y «WiseMAC».

[0057] Según la presente invención, en particular, estas estrategias se implementan en la capa STACK; de esta manera, la capa física y MAC se pueden dejar ventajosamente sin cambios para proporcionar compatibilidad con versiones anteriores, p. ej., redes ZigBee.

5

[0058] A continuación, se proporcionará una descripción más detallada de la comunicación entre un nodo AOR y un nodo SR junto con las figuras 3, 4 y 5.

[0059] La figura 3 se refiere a la inicialización de un nodo SR.

10

[0060] El nodo SR se activa y busca cualquier red existente (etapa 301). Si el nodo SR encuentra un nodo AOR (etapa 302), se une emitiendo un procedimiento de unión (etapa 303) y convirtiéndose en su «hijo». Si no hay ningún nodo AOR dentro del área de cobertura del nodo SR (etapa 302), se usará primero un «protocolo de comunicación de baja potencia» (tal como «escucha de baja potencia») para la asociación y luego para la comunicación; si el nodo SR encuentra otro nodo SR (etapa 309) dentro de su área de cobertura disponible para convertirse en su «padre», lo une (etapa 310) y luego, según este protocolo, sigue una fase de comunicación de baja potencia (etapa 311) con el otro nodo SR; si el nodo SR no encuentra otro nodo SR dentro de su área de cobertura disponible para convertirse en su «padre», se produce una situación de «asociación fallida» (sigue 312) y se intentará un nuevo intento más adelante (sigue 301).

20

[0061] Cuando un nodo SR se asocia a otro nodo (ya sea un nodo AOR o un nodo SR), especifica al nodo «padre» que su transceptor estará operando intermitentemente. Esto es particularmente importante cuando un nodo SR se asocia a un nodo AOR; de hecho, en este caso, el nodo AOR necesita ser consciente de que tiene que comunicarse con un nodo de enrutamiento no alimentado permanentemente y, por lo tanto, debe transmitir tanto los paquetes de información de enrutamiento dirigidos a este nodo como los paquetes de información de datos dirigidos a otros nodos, así como, si es el caso, paquetes de información de datos dirigidos a este nodo que almacenan estos datos y esperan una fase de sondeo.

25

[0062] Para recibir datos del nodo AOR al que se ha asociado el nodo SR, se implementará un mecanismo de transmisión indirecta tanto en el nodo AOR como en el nodo SR (etapa 304).

30

[0063] Para transmitir datos al nodo AOR con el que se ha asociado el nodo SR, en primer lugar se comprobará (etapa 305) si hay paquetes a transmitir; si es así, se activa el transceptor del nodo SR (etapa 306), luego inmediatamente después de que se lleve a cabo una transmisión directa del paquete de información (etapa 307) y finalmente se desactiva el transceptor del nodo SR (etapa 308). Esto es posible ya que el nodo AOR y su transceptor están funcionando permanentemente. La figura 4 se refiere a la comunicación indirecta (etapa 304) entre el nodo SR y el nodo AOR.

35

[0064] El nodo SR dormido activará su transceptor (etapa 402) antes de un procedimiento de sondeo; luego sondeará la nota AOR (etapa 403) para datos cada, p. ej., «MaxWaitTime», es decir, un parámetro de período de tiempo que se establecerá; el período de sondeo del procedimiento de sondeo se implementa a través de un bucle de espera que comprende una etapa de verificación de contador (etapa 401) y una etapa de incremento de contador (etapa 405); finalmente, el nodo SR dormido volverá a dormirse al desactivar su transceptor (etapa 404) para preservar la vida útil de la batería. Esto sucede incluso si el nodo SR se coloca en el borde de la red, contiguo a la rama principal con alimentación de la red WSN (es decir, la subred SNW1), y si el nodo SR está asociado a un nodo AOR.

45

[0065] La figura 5 se refiere a la fase de sondeo (etapa 403) llevada a cabo por el nodo SR.

[0066] El nodo SR transmitirá una solicitud de datos al nodo AOR padre (etapa 501) y recibirá una respuesta del nodo AOR (etapa 502); a este respecto, se puede implementar un mecanismo de *piggybacking* como el reconocimiento con el conjunto de indicadores de «datos pendientes». La respuesta se verificará (etapa 503): si el nodo AOR no tiene ningún paquete de información pendiente para el nodo SR, no se realizarán más etapas; de lo contrario, se llevará a cabo un bucle de espera (etapa 504) que finaliza cuando el nodo AOR comienza la transmisión del paquete de información o cuando se agota el tiempo de espera de «DataMaxWaitTime», es decir, un parámetro de período de tiempo que se establecerá. Si se alcanza el tiempo de espera, el nodo SR notificará un «fallo en la recepción» (etapa 505) y podría volver a intentar el proceso de recepción más tarde; de lo contrario, el nodo SR recibirá el paquete de información del nodo AOR (etapa 506).

55

[0067] Según la realización de la invención de la figura 1, la red WSN se implementa a través de una red ZigBee, más precisamente la conexión de dos subredes Zig-Bee SNW1 y SNW2.

60

[0068] Para mantener la interoperabilidad entre las dos subredes, las capas MAC y PHY de los nodos de las dos subredes son compatibles con la tecnología ZigBee.

[0069] Además, no se aplica ningún cambio sustancial al protocolo de comunicación de los nodos de

65

enrutamiento alimentados por la red eléctrica de la subred SNW1, es decir, los nodos AOR. Para lograr este objetivo, los nodos AOR de puerta de enlace (B1 y B3 en la figura 1) utilizan un procedimiento de sondeo para comunicarse no solo con cualquier nodo ED sino también con los nodos SR (B2 y B4 en la figura 1) asociados a ellos; a este respecto, se hace referencia a IEEE 802.15.4-2003, párrafo 7.1.16 y figura 33, así como al párrafo 7.5.6.3.

5

[0070] Una vez que los nodos de la puerta de enlace SR (B2 y B4 en la figura 1) se hayan asociado a los nodos AOR correspondientes (B1 y B3 en la figura 1), los nodos AOR deberán reenviar paquetes de información de enrutamiento de difusión y multidifusión a los nodos SR para permitir que los protocolos de enrutamiento se propaguen desde la subred (alimentada por la red) SNW1 a la subred (alimentada por batería) SNW2. Esto se realiza fácilmente porque durante la fase de asociación, los nodos SR se declaran como un nodo con funciones de enrutamiento pero con la función de poner el transceptor en modo inactivo cuando está inactivo (lo cual no es cierto para los nodos AOR). Por otro lado, un nodo AOR reconoce nodos con capacidad de enrutamiento y la capacidad de poner el transceptor en modo inactivo cuando está en estado inactivo, es decir, un nodo SR, y puede almacenar todos los paquetes de información para ellos: estos paquetes pueden ser paquetes de datos dirigidos al propio nodo SR, así como paquetes de enrutamiento de difusión o multidifusión y paquetes de datos dirigidos a un nodo al que el nodo SR tiene una ruta. En otras palabras, mientras que un nodo AOR para gestionar la comunicación con un nodo ED tiene que almacenar solo los paquetes de datos dirigidos a él, para gestionar la comunicación con un nodo SR tiene que almacenar también los paquetes que tienen ese nodo SR, así como el siguiente salto y todos los paquetes de difusión y multidifusión (p. ej., paquetes de comandos de red). De esta manera, la interoperabilidad entre los enrutadores inactivos y los enrutadores siempre activos puede realizarse de manera efectiva. Además, gracias a la posible conexión múltiple entre nodos SR, se evita un único punto de fallo para el sistema con respecto a la conexión entre la subred SNW1 y la subred SNW2.

10

15

20

[0071]

El mecanismo de sondeo conocido y utilizado según la tecnología ZigBee permite que un nodo SR sondee datos solo de su nodo «padre», ya que la primitiva de sondeo correspondiente no permite especificar el destino del sondeo. De esta manera, incluso si hay más de un nodo AOR en el rango de radio de un nodo SR, solo se usará un enlace (AOR-SR) para la comunicación de un nodo AOR a un nodo SR. Además, la comunicación desde el nodo SR a cualquier nodo AOR vecino se realizará utilizando solo el enlace principal. De hecho, incluso si se pudiera emitir un mensaje directo desde un nodo SR a un nodo AOR, como un mensaje de solicitud de ruta ZigBee, la respuesta de ruta seguirá la ruta inversa y, por lo tanto, el siguiente salto se establecerá en el nodo padre como resultado de la propia solicitud de ruta; esto se realiza permitiendo que el nodo SR responda a una solicitud de ruta solo desde sus nodos SR vecinos y desde su nodo AOR padre, si está presente.

25

30

[0072]

Este mecanismo en la comunicación es una de las principales fortalezas de la presente invención porque permite usar el mecanismo de sondeo existente sin ningún cambio sustancial en la pila de protocolos.

35

[0073]

Se deberá aclarar que los nodos AOR deberán mantener los paquetes de datos para los nodos SR lo suficiente como para permitirles despertar y sondear estos datos: para este propósito, la variable de capa de red existente deberá establecerse utilizando el mismo procedimiento utilizado para la comunicación AOR-ED.

40

[0074]

En otras palabras, la característica introducida permite que los enrutadores de baja potencia duerman ahorrando energía y que funcionen con batería, lo que elimina la restricción de tener el enrutador siempre alimentado por la red.

[0075]

En la figura 6 se describe un escenario de red de interoperabilidad distribuida, que es un caso más general que el ejemplo de la figura 1; se resaltan tres subredes SNW3 (por ejemplo, una rama AOR), SNW4 (por ejemplo, una primera rama SR) y SNW5 (una segunda rama SR) y también se resalta un área de borde SNW6 entre ellas: al permitir la asociación a múltiples nodos SR, un nodo AOR en los bordes de una subred puede establecer múltiples rutas para conectar las ramas SR de la red (véanse los nodos AOR del área SNW6 en la figura 6). De esta manera, la comunicación con los nodos SR se puede mantener incluso si se produce un fallo en un enlace de conexión específico entre los nodos siempre activos y en reposo. Cuando se produce un fallo de la batería, otros enlaces SR-AOR pueden mantener la comunicación de todos modos al redirigir el tráfico de la red en general y restablecer el equilibrio de carga.

50

[0076]

Con el fin de garantizar la comunicación entre las subredes alimentadas por red y alimentadas por batería, la presente invención prevé, por ejemplo, un procedimiento (figura 7) mediante el cual los nodos SR deberían notificar al resto de la red si se produce un problema en el enlace a un enrutador AOR al emitir paquetes de difusión, pero preferiblemente paquetes de multidifusión a otros nodos en posiciones de borde; Si no se proporciona ninguna función de ubicación, se utilizan los paquetes de difusión.

55

60

[0077]

En este caso, probablemente debido a un cambio de un nodo AOR primario (por ejemplo, para aplicaciones de movilidad lenta), los otros nodos, que aún no están conectados a un nodo AOR (pueden verificar su lista principal para realizar esta operación) intentarán asociarse a un nodo AOR, lo que mejora la fiabilidad de la red al maximizar la conexión a la subred alimentada por la red y notificará a sus nodos asociados (generalmente otros nodos SR) si se produce un cambio en su propia dirección. En este caso, los nodos SR asociados se verán obligados

65

a volver a unirse a la red para restablecer el equilibrio óptimo en la estructura de la subred de baja potencia.

[0078] Más específicamente, cada vez que un nodo SR que está conectado a un nodo AOR (a través de un enlace padre-hijo) pierde la conexión con su padre AOR (es decir, debido a la movilidad de los nodos SR, fallo o descarga de la batería, etc.), envía un paquete de notificación para que otros nodos SR conozcan el problema. Este paquete podría enviarse a través de multidifusión o comunicación de difusión. Cada vez que un SR recibe este mensaje de «pérdida de conexión», verifica el tipo de nodo principal: si no es un nodo AOR (es decir, es un nodo SR), verificará si hay un AOR en su rango de radio y, si está presente, intentará asociarse con él. De esta manera, se garantiza el enlace de conexión entre la red SR y la red AOR. Si se produce el cambio del padre y se cambia la dirección del nodo SR, el nodo SR deberá notificar este cambio a todos los nodos asociados a sí mismo; de esta manera, todos los nodos SR asociados se unirán a la red para obtener direcciones actualizadas y todas las tablas de enrutamiento se actualizarán para reflejar las nuevas direcciones.

[0079] Este procedimiento puede resolver el problema de portabilidad; Los nodos SR funcionarán con baterías y, por lo tanto, podrán moverse y cambiar de posición durante su tiempo de operación. Por esta razón, es muy útil contar con un procedimiento para habilitar la movilidad y garantizar la conexión con la red AOR.

[0080] El procedimiento de autocuración según la presente invención se describirá a continuación con referencia al diagrama de flujo de ejemplo de la figura 7.

[0081] En la etapa 701, un nodo SR detecta una pérdida en la conexión con su nodo AOR padre; en la etapa 702, el nodo SR notifica a la red (a través de una transmisión de difusión o multidifusión) la pérdida de conexión detectada. Varios nodos SR recibirán la notificación de pérdida de conexión y cada uno de ellos verificará, en la etapa 703, si ya está conectado a un nodo AOR o no; si este es el caso, el nodo SR no lleva a cabo más etapas; de lo contrario, en la etapa 704, cada nodo SR llevará a cabo una exploración de radio para identificar un nodo AOR que pueda actuar como su nodo padre. En la etapa 705, cada nodo SR verificará si se ha identificado un nuevo padre; si este no es el caso, el nodo SR no lleva a cabo más etapas; de lo contrario, en la etapa 706, el nodo SR se asociará al nuevo padre. Posteriormente, en la etapa 707, el nodo SR verifica si su dirección de red ha cambiado debido a la nueva asociación; si este no es el caso, el nodo SR no lleva a cabo más etapas; de lo contrario, en la etapa 708, el nodo SR notificará a todos los nodos interesados de la red su nueva dirección y típicamente al menos los nodos asociados a ella.

[0082] El procedimiento propuesto para la interoperabilidad permite confiar en los enrutadores inactivos para la tolerancia a fallos. En la situación que se muestra en la figura 8, donde una parte P2 de la subred AOR ya no está conectada a otra parte P1 de la subred AOR (debido, por ejemplo, a una fuerte interferencia de radio presente en el área A delimitada por la línea continua), la comunicación ad-hoc entre AOR puede depender de la conexión realizada por una subred SR SNW7.

[0083] Si se piensa en una red AOR (dividida en dos porciones o subredes P1 y P2) ya desplegada y una red SR SNW7 uniéndose después, esta red SR SNW7 puede ubicarse, como en la figura 8, en el medio de las dos subredes AOR existentes P1 y P2: en esta situación, utilizando el procedimiento de unión descrito anteriormente y suponiendo que al menos algunos de los nodos AOR todavía permiten la asociación, los nodos SR fronterizos se unirán directamente a los nodos AOR en su rango de radio. De esta manera, la conectividad entre dos subredes AOR se puede lograr incluso en presencia de un fallo global en la conexión directa entre las dos subredes.

[0084] Usando el mecanismo de sondeo descrito, la red SR llevará a cabo una función de conectividad dentro de la red WPAN, lo que proporciona una nueva ruta para conectar mejor los nodos AOR y entregar paquetes a las ramas desconectadas de la red WPAN. La nueva ruta se establecerá gracias a la difusión/multidifusión de paquetes de enrutamiento que permitirán a los nodos SR sondear los paquetes de solicitud de ruta de sus nodos principales, incluidos los nodos AOR principales.

[0085] De todos modos, según la presente invención, se prefiere restablecer una conectividad perdida a través de otros nodos AOR que a través de nodos SR; de hecho, la conexión a través de nodos AOR es más rápida debido a una comunicación directa entre nodos siempre activos.

[0086] Vale la pena destacar que la descripción anterior de la presente invención trata de una red WPAN, en particular una red ZigBee, que comprende una pluralidad de nodos de enrutamiento alimentados permanentemente y una pluralidad de nodos de enrutamiento de funcionamiento intermitente, así como una pluralidad de nodos finales y un procedimiento para gestionar la transferencia de paquetes de información a través de dicha red WPAN.

[0087] De todos modos, la presente invención también tiene un impacto en los nodos de enrutamiento de la red WPAN, tanto los que funcionan permanentemente como los que operan intermitentemente; estos son aspectos adicionales de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para gestionar la transferencia de paquetes de información a través de una red inalámbrica que comprende una primera subred (SNW1) que incluye una pluralidad de nodos de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3, AOR) y una segunda subred (SNW2) que incluye una pluralidad de nodos de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4, SR), donde dicha red inalámbrica es una red inalámbrica de área personal; al menos dos nodos de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3) de dicha primera subred (SNW1) están asociados a al menos dos nodos de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) respectivos de dicha segunda subred (SNW2); se utiliza un procedimiento de sondeo para transferir paquetes de información, que comprenden paquetes de información de enrutamiento y paquetes de información de datos, de dichos al menos dos nodos de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3) a dichos respectivos nodos de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) respectivos de dicha segunda subred (SNW2); cuando uno de dichos nodos de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3) de dicha primera subred (SNW1) tiene que transmitir un paquete de información a un nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) respectivo de dicha segunda subred (SNW2), dicho nodo de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3): almacena dichos paquetes de información en una memoria, espera hasta que dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) pueda recibir paquetes de información y luego transmite dicho paquete de información a dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) de dicha segunda subred (SNW2); y, cuando dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) tiene que transmitir un paquete de información a dicho nodo de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3), dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) transmite inmediatamente dicho paquete de información a dicho nodo de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) transmite paquetes de información a un solo nodo de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3) de dicha red inalámbrica de área personal.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) recibe paquetes de información de solo un nodo de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3) de dicha red inalámbrica de área personal.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) recibe paquetes de información de otros nodos de funcionamiento intermitente (SR, ED) de dicha segunda red de subred (SNW2) o transmite paquetes de información a otros nodos de funcionamiento intermitente (SR, ED) de dicha segunda subred (SNW2) a través de un protocolo de comunicación de ciclo de trabajo.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) está asociado a un solo nodo de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3) de dicha red inalámbrica, y en el que si dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) pierde la conexión de radio con dicho único nodo de enrutamiento con alimentación permanente (B1, B3), dicho nodo de enrutamiento con funcionamiento intermitente (B2, B4) se asocia a otro nodo de enrutamiento con alimentación permanente (AOR) disponible de dicha red inalámbrica de área personal.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que si dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) se asocia a otro nodo de enrutamiento con alimentación permanente (AOR) de dicha red inalámbrica, la información de enrutamiento dentro de todos o un subconjunto de los nodos de enrutamiento (SR, AOR) de dicha red inalámbrica de área personal se actualiza en consecuencia.
7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha red inalámbrica de área personal es una red ZigBee.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la operación intermitente de los nodos de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) de dicha red inalámbrica de área personal está relacionada con el transceptor del nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente.
9. Nodo de enrutamiento siempre encendido (B1, B3, AOR) para una red inalámbrica que comprende un transceptor de radio que tiene una fuente de alimentación permanente y está adaptado para comunicarse con un nodo de enrutamiento que funciona intermitentemente (B2, B4, SR) que comprende un transceptor de radio que tiene un funcionamiento intermitente, donde dicho nodo de enrutamiento siempre encendido (B1, B3) pertenece a una primera subred (SNW1) que incluye una pluralidad de nodos de enrutamiento con alimentación permanente (AOR) y dicho al menos un nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (SR) pertenece a una segunda subred (SNW2) que incluye una pluralidad de nodos de enrutamiento de funcionamiento intermitente (SR), donde dicha red inalámbrica es una red inalámbrica de área personal; dicho nodo de enrutamiento siempre encendido (B1, B3) de dicha primera subred (SNW1) está asociado a dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) de dicha segunda subred (SNW2); y dicho nodo de enrutamiento siempre encendido (B1, B3) de dicha primera subred (SNW1) comprende:

- una memoria para almacenar paquetes de información, que comprende paquetes de información de enrutamiento y paquetes de información de datos, para ser enviados a dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4);
- 5 - un módulo para esperar hasta que dicho al menos un nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) pueda recibir dichos paquetes de información y luego transmitir dichos paquetes de información a dicho al menos un nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4).
10. Nodo de enrutamiento siempre encendido (B1, B3) según la reivindicación 9, donde dicho módulo está
10 adaptado para determinar y almacenar el tipo de operación del transceptor de otro nodo de enrutamiento (SR, AOR) cuando dicho otro nodo de enrutamiento (SR, AOR) se asocia con él, dicho tipo de operación del transceptor es permanente o intermitente.
11. Nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4, SR) para una red inalámbrica que
15 comprende un transceptor de radio que tiene una operación intermitente y está adaptado para comunicarse con un nodo de enrutamiento siempre encendido (B1, B3, AOR) que comprende un transceptor de radio que tiene un funcionamiento permanente, donde dicho nodo de enrutamiento siempre activo (B1, B3) pertenece a una primera subred (SNW1) que incluye una pluralidad de nodos de enrutamiento con alimentación permanente (AOR) y dicho al menos un nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) pertenece a una segunda subred (SNW2)
20 que incluye una pluralidad de nodos de enrutamiento (SR) de funcionamiento intermitente, donde dicha red inalámbrica es una red inalámbrica de área personal; dicho nodo de enrutamiento siempre encendido (B1, B3) de dicha primera subred (SNW1) está asociado a dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) de dicha segunda subred (SNW2); dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) comprende un módulo de sondeo que implementa un procedimiento de sondeo para recibir paquetes de información desde dicho nodo de enrutamiento
25 siempre encendido (B1, B3); y dicho nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) comprende un módulo para transmitir paquetes de información a dichos nodos de enrutamiento siempre encendidos (B1, B3).
12. Nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) según la reivindicación 11, que
comprende un módulo de ciclo de trabajo que implementa un protocolo de comunicación de ciclo de trabajo para
30 comunicarse con otros nodos (SR, ED) de dicha red inalámbrica de área personal que comprende un transceptor de radio que tiene un funcionamiento intermitente.
13. Nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (B2, B4) según la reivindicación 11 o 12, que está
asociado a un solo nodo de enrutamiento siempre encendido (B1, B3) que comprende un transceptor de radio que
35 tiene un funcionamiento permanente.
14. Nodo de enrutamiento de funcionamiento intermitente (SR) según la reivindicación 13, que comprende
un módulo para monitorizar la conexión de radio con dicho único nodo de enrutamiento siempre encendido (B1, B3) y
para determinar si dicha conexión de radio se pierde, donde, cuando dicha conexión de radio con dicho único nodo de
40 enrutamiento (B1, B3) se pierde, dicho módulo se asocia a otro nodo de enrutamiento disponible (AOR) que comprende un transceptor de radio que tiene un funcionamiento permanente.

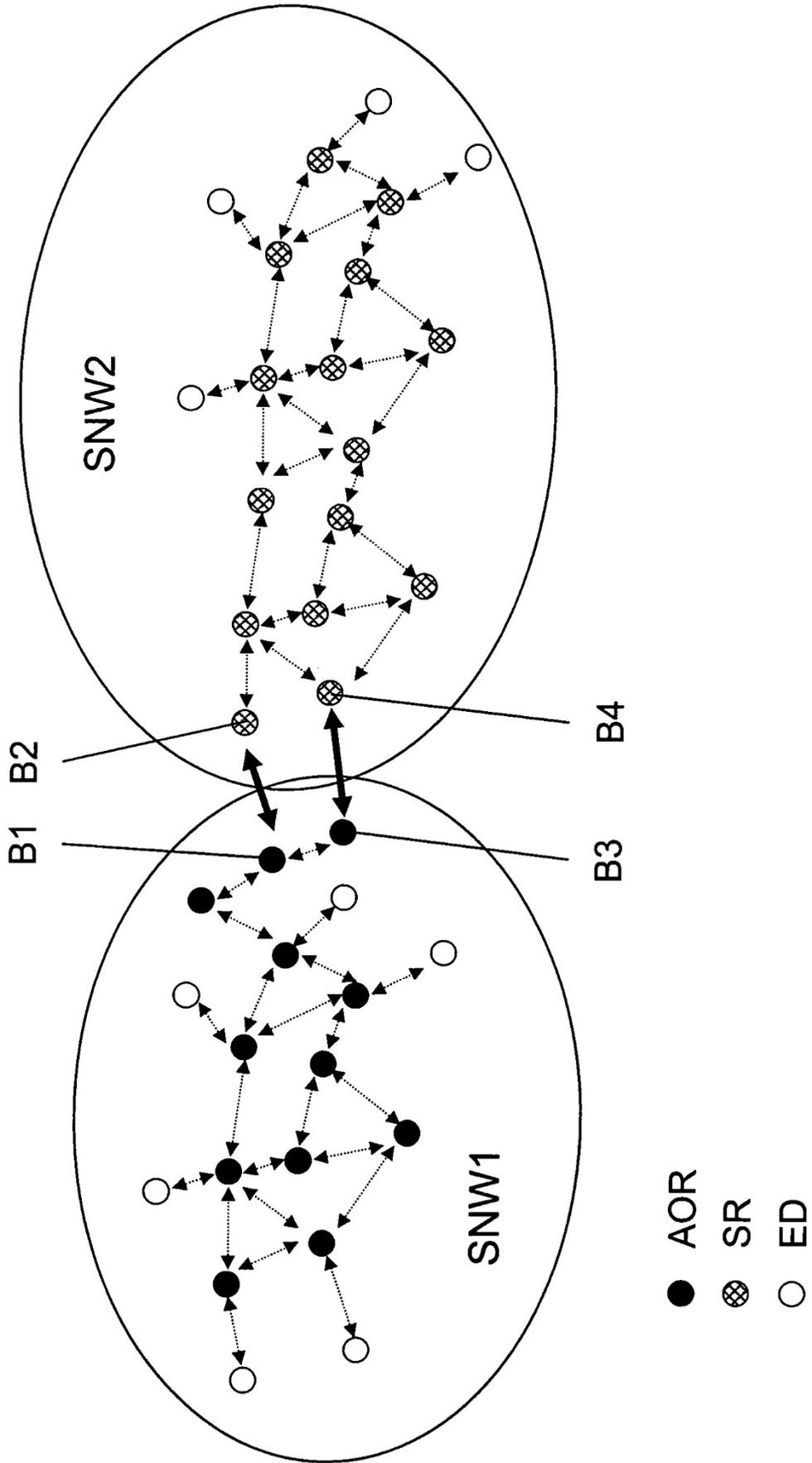


Fig.1

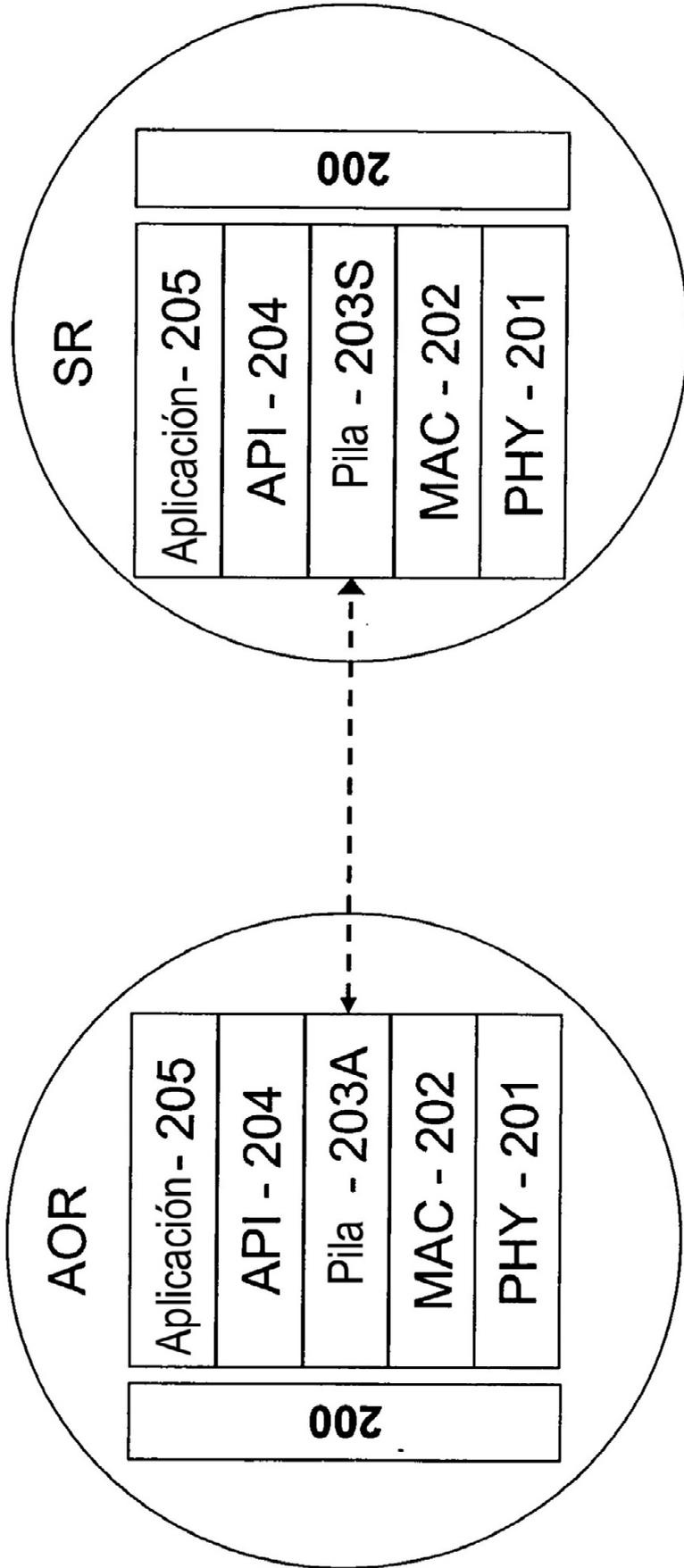


Fig.2

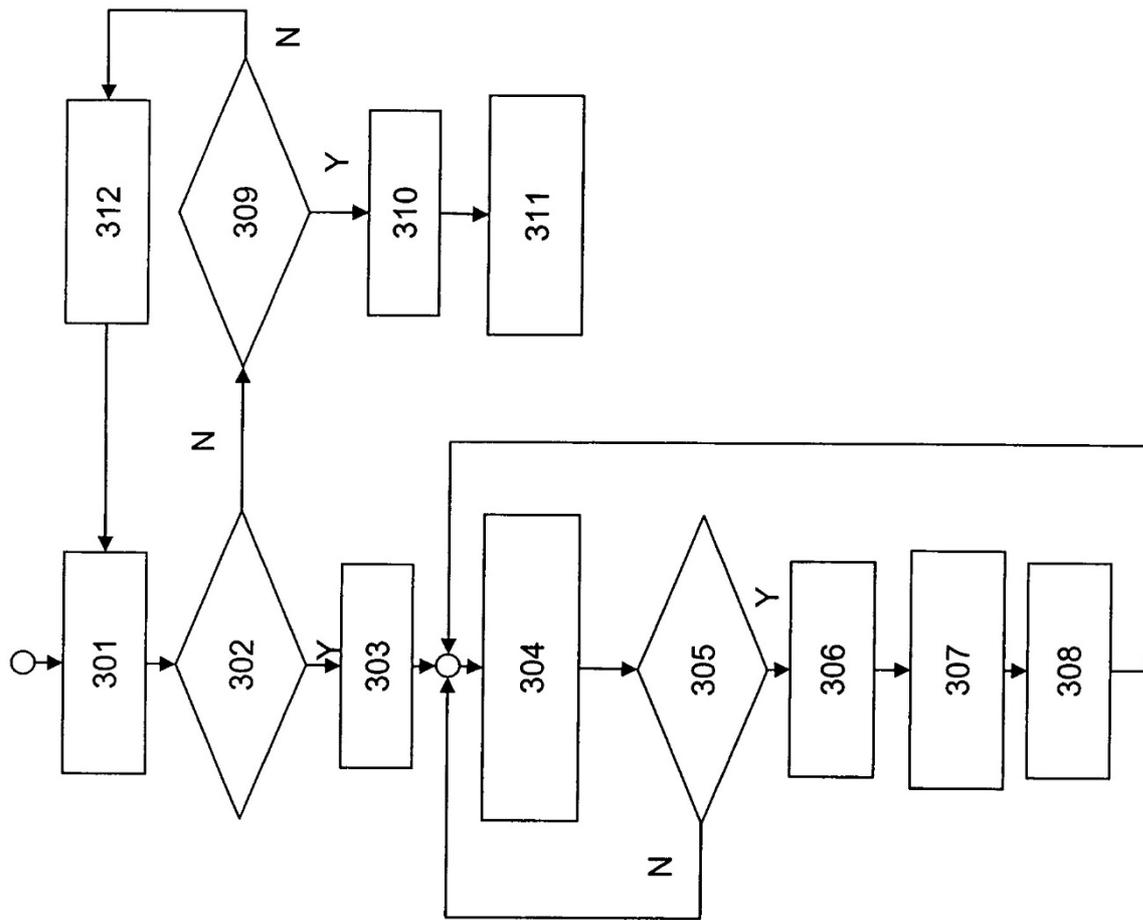


Fig.3

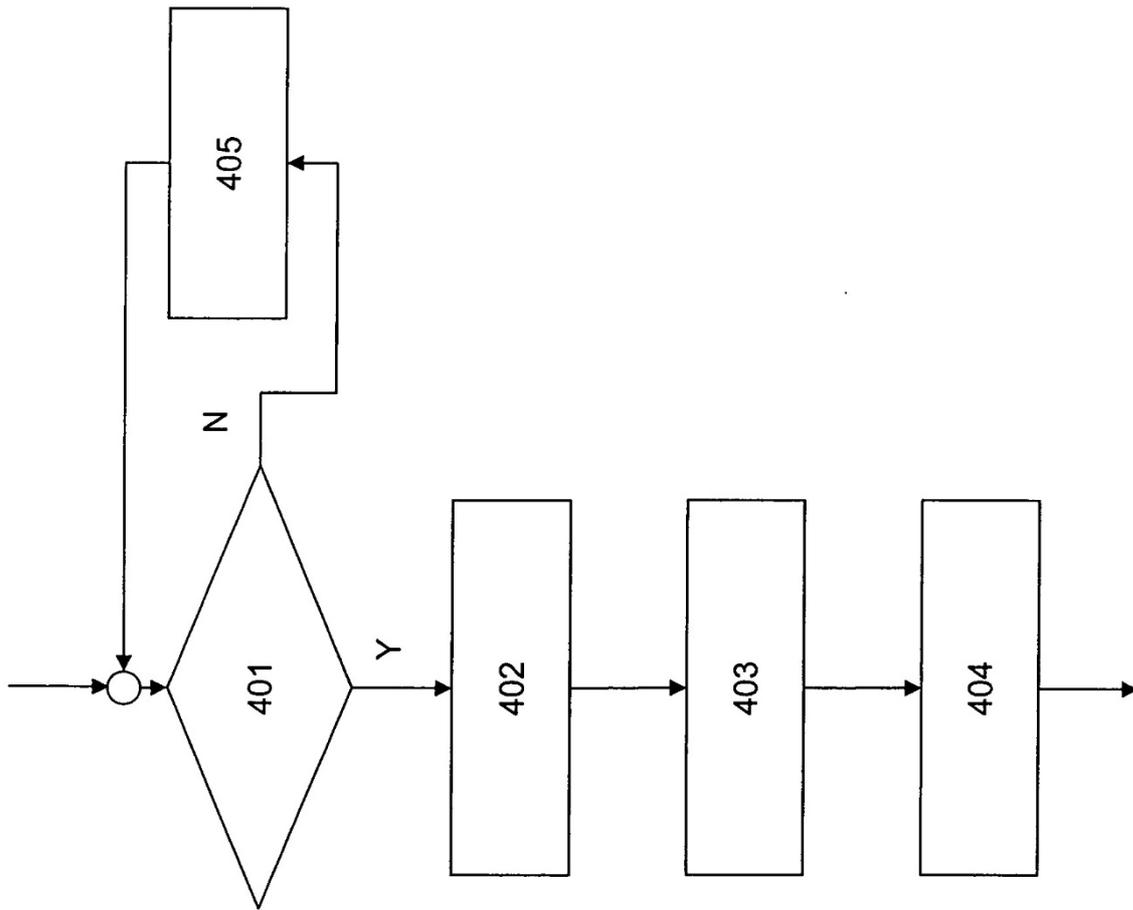


Fig.4

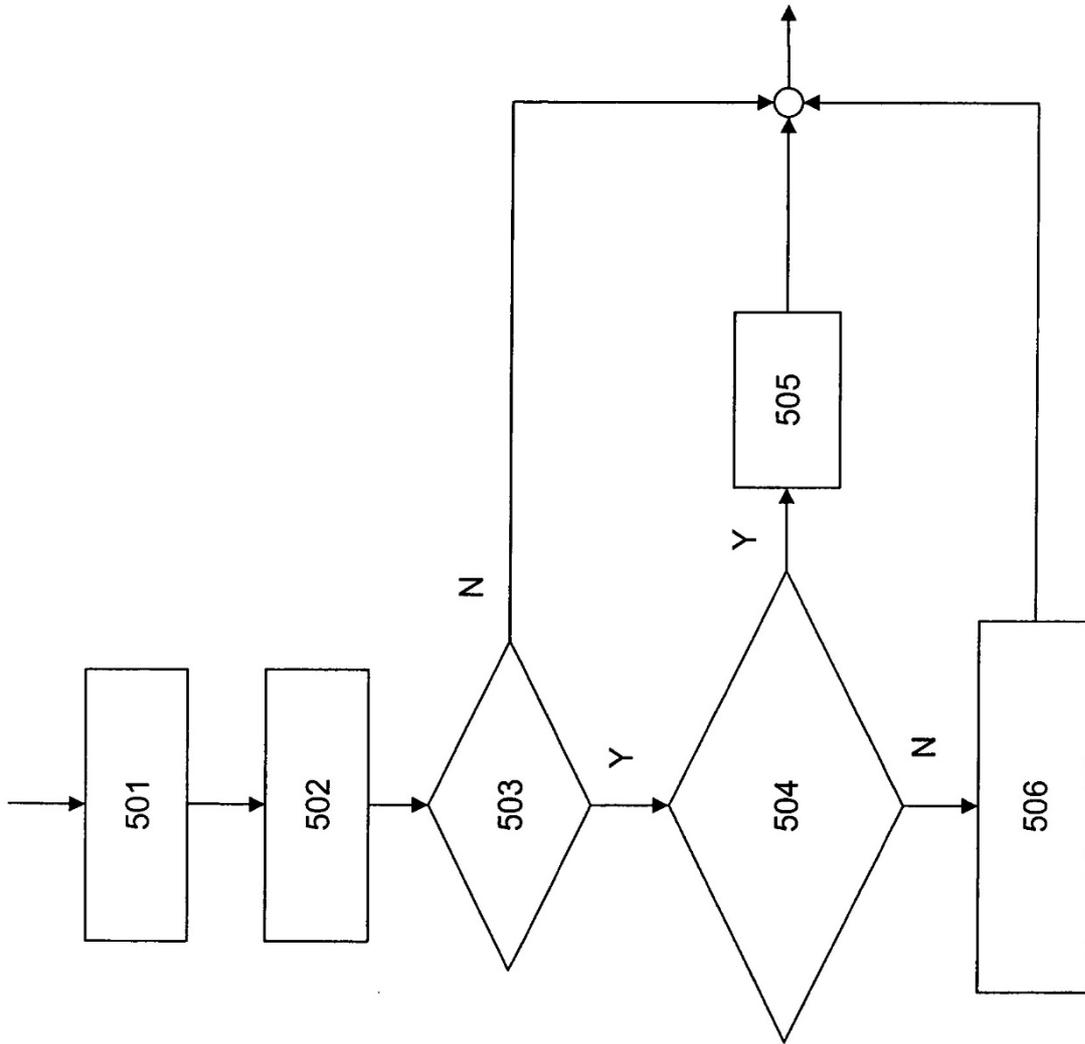


Fig.5

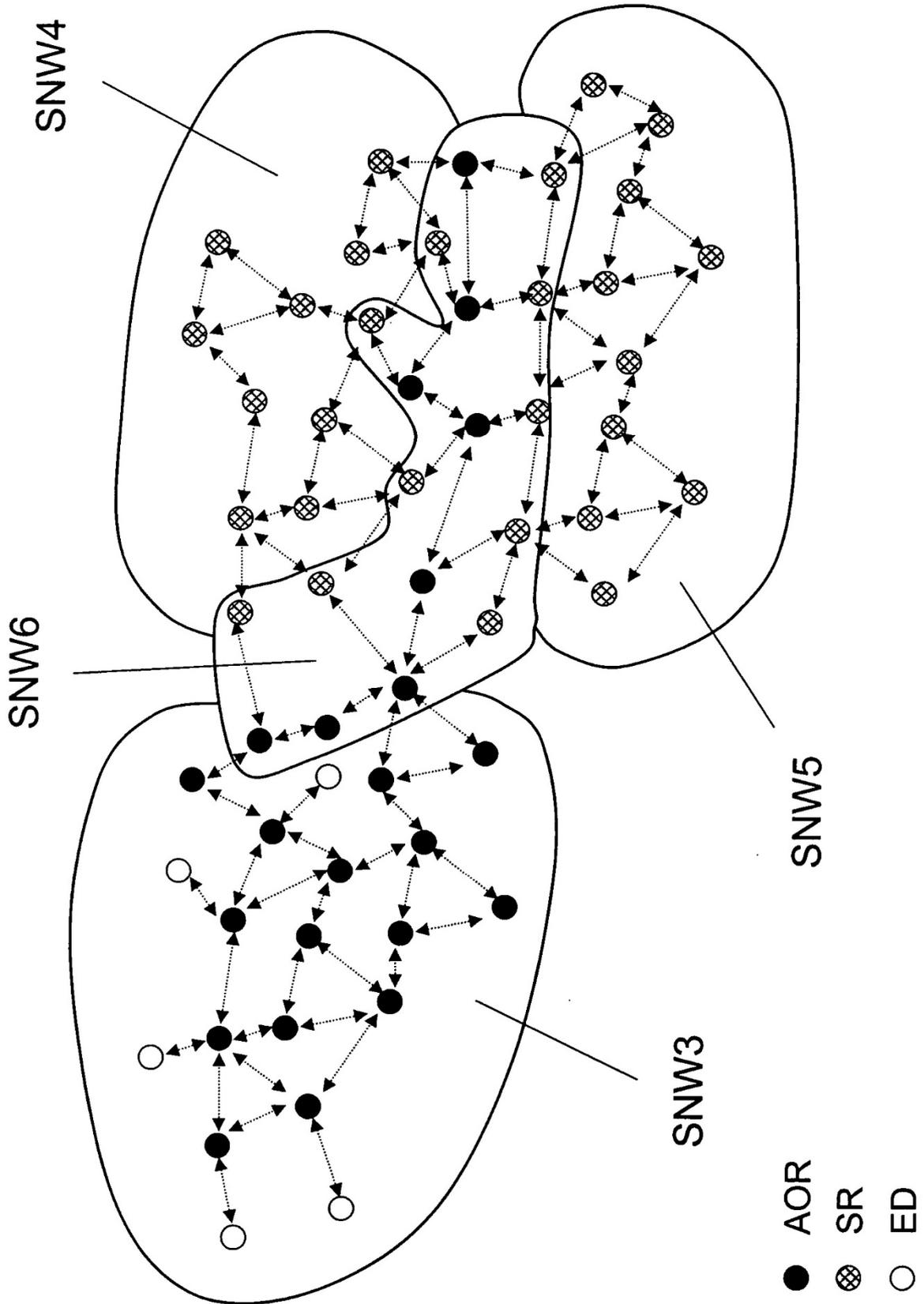


Fig.6

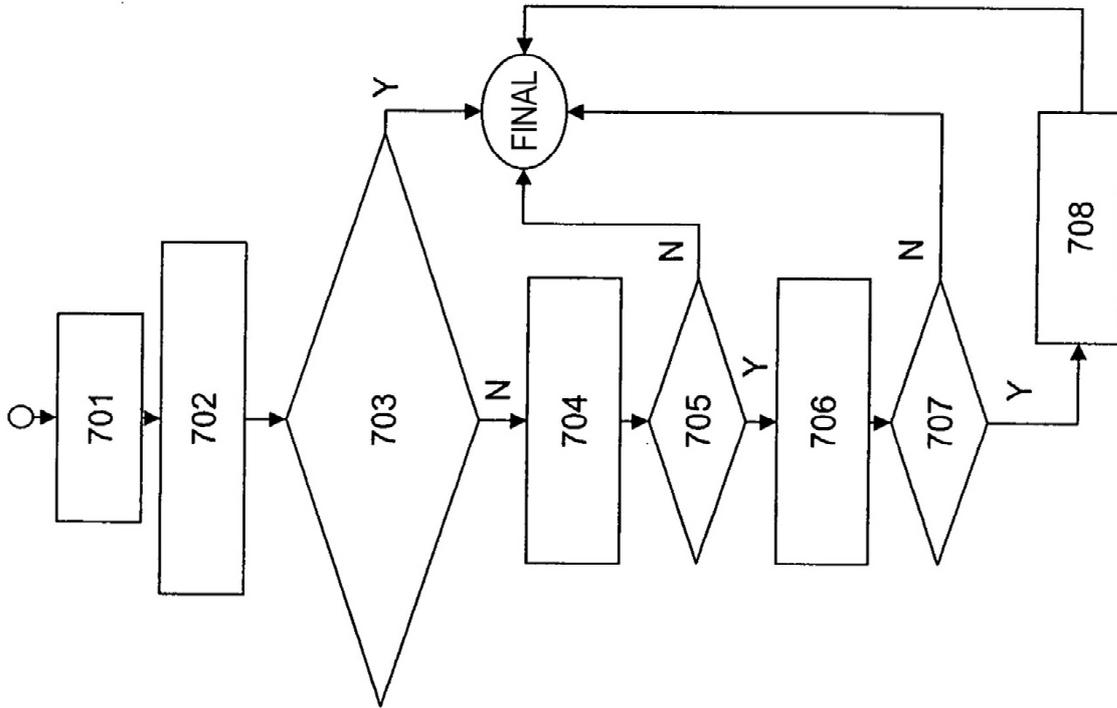


Fig.7

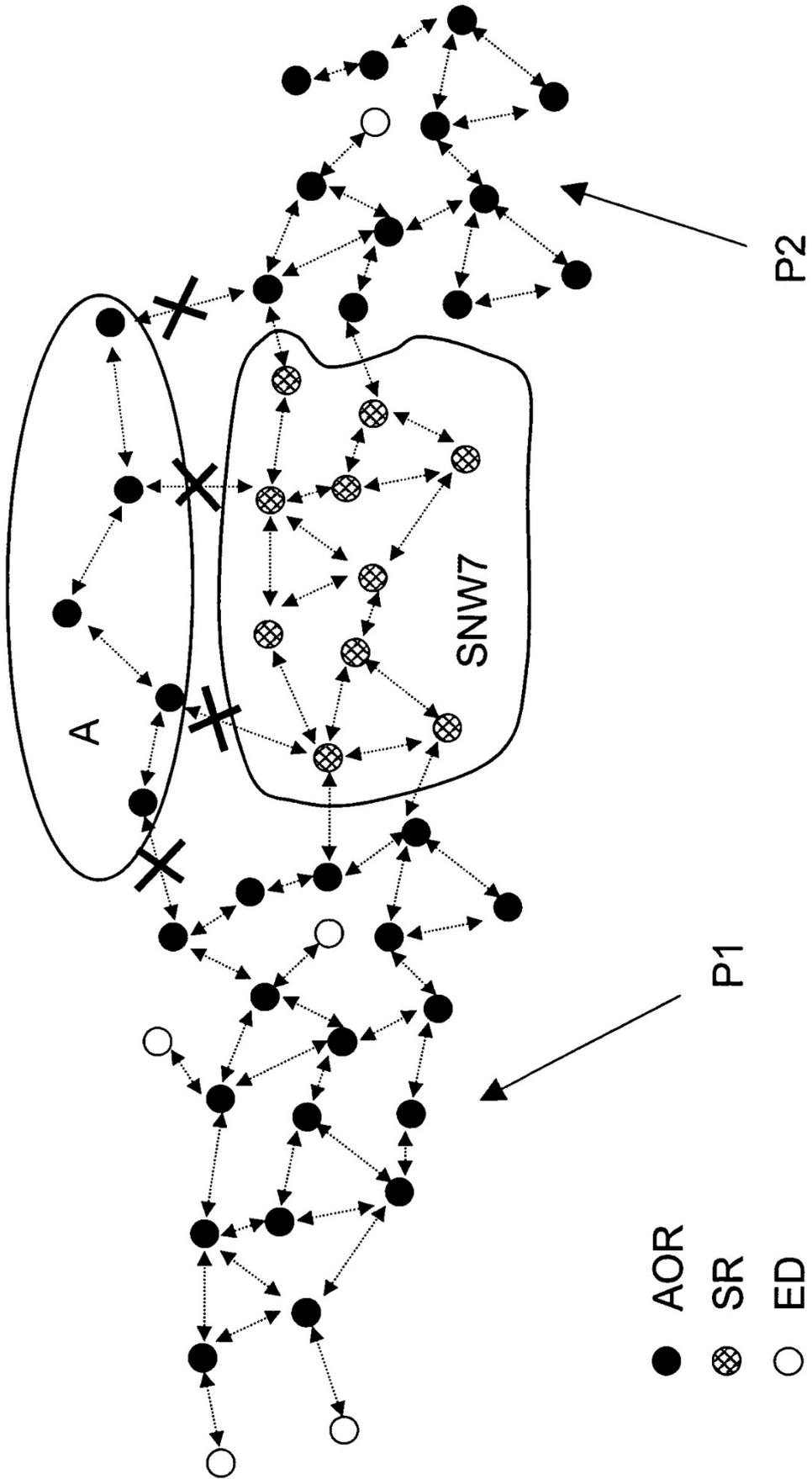


Fig.8